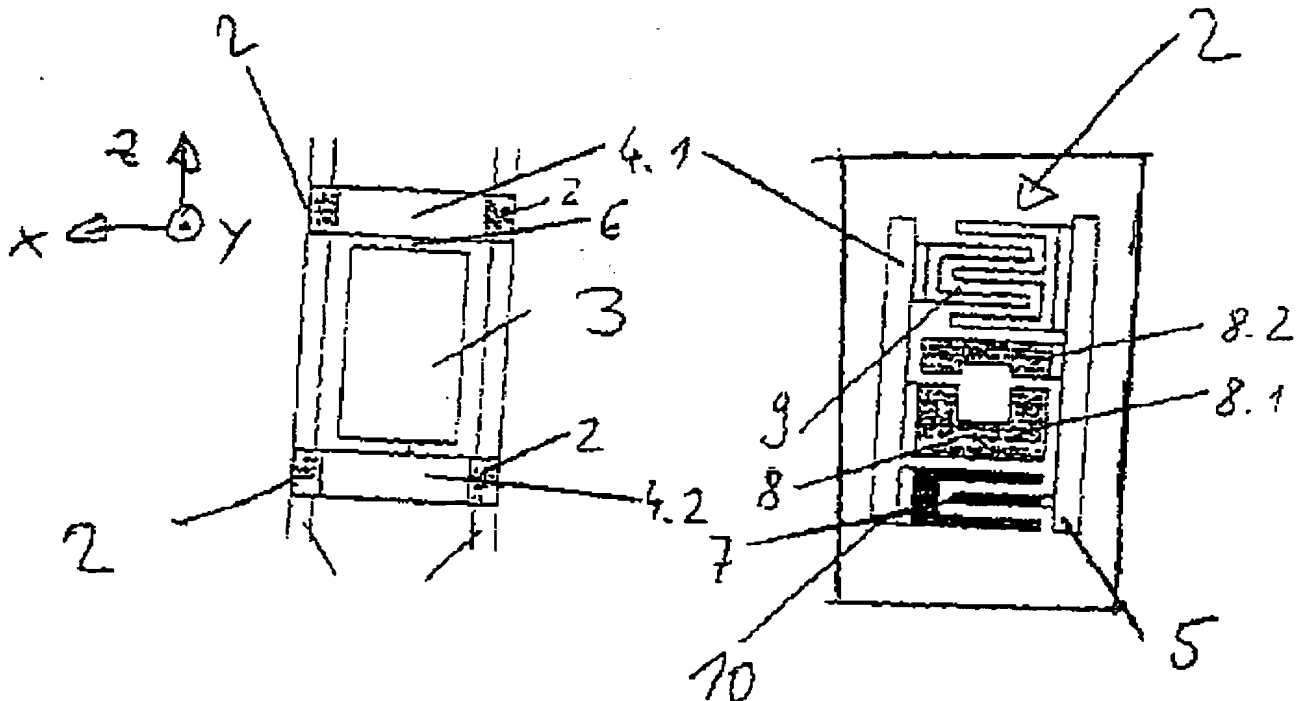


AN: PAT 1999-445170
TI: Arrangement for operating transport system with rail-guided magnetically suspended vehicle
PN: DE19801586-A1
PD: 22.07.1999
AB: NOVELTY - An arrangement for operating a transport system with a rail-guided magnetically suspended vehicle has an integrated transmission system (2) with an energy transmission system (9) for inductive transmission of electric power, linear motor (7) for transmitting a drive power and magnetic suspension system (8) for transmitting carrying forces and/or side guidance forces.; USE - None given ADVANTAGE - Compact, space-saving design with an inexpensive construction.
DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Integrated transmission system 2
Vehicle housing 3 Bogie 4 Linkage 6 Suspension system 8 transmission system 9
PA: (ALSM) ALSTOM ANLAGEN & AUTOMATISIERUNGSTECHNIK;
(DAIM) DAIMLERCHRYSLER AG;
IN: GROENING I; HENNEBERGER G; KLITTICH M; SEELIG A; WUNDERLICH H;
FA: DE19801586-A1 22.07.1999; US6502517-B1 07.01.2003;
WO9936287-A1 22.07.1999; AU9924219-A 02.08.1999;
BR9907030-A 24.10.2000; EP1049601-A1 08.11.2000;
CN1291146-A 11.04.2001; KR2001040363-A 15.05.2001;
EP1049601-B1 08.05.2002; JP2002509420-W 26.03.2002;
AU749681-B 04.07.2002;
CO: AT; AU; BE; BR; CA; CH; CN; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB;
GR; IE; IT; JP; KR; LI; LU; MC; NL; PT; SE; US; WO;
DN: AU; BR; CA; CN; JP; KR; US;
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;
NL; PT; SE; LI;
IC: B60L-013/03; B60L-013/04; B60L-013/10;
DC: Q14;
FN: 1999445170.gif
PR: DE1001586 19.01.1998;
FP: 22.07.1999
UP: 23.01.2003



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

02P 06856



56

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 01 586 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
B 60 L 13/10
B 60 L 13/03

21 Aktenzeichen: 198 01 586.0
22 Anmeldetag: 19. 1. 98
43 Offenlegungstag: 22. 7. 99

DE 198 01 586 A 1

71 Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

74 Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

72 Erfinder:
Gröning, Ingolf, Dipl.-Ing., 52074 Aachen, DE;
Henneberger, Gerhard, Prof. Dr.-Ing., 52074
Aachen, DE; Klittich, Manfred, Dipl.-Ing., 65760
Eschborn, DE; Wunderlich, Horst, Dr.-Ing., 72184
Eutingen, DE; Seelig, Anton, Dipl.-Ing., 65439
Flörsheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit einem magnetischen Schwebefahrzeug
- 57 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit magnetischem Schwebefahrzeug, wobei die Anordnung ein integriertes Übertragungssystem mit Energieübertragungssystem zur induktiven Übertragung elektrischer Leistung, Linearmotor zur Übertragung einer Antriebsleistung und magnetischem Schwebesystem zur Übertragung von Trag- und/oder Seitenführungskräften aufweist.

DE 198 01 586 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit einem magnetischen Schwebefahrzeug gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Die Magnetschwebetechnik ermöglicht die berührungslose und damit verschleißfreie Lagerung sowohl von linear bewegten als auch von rotierenden Teilen. Während die Anwendung der Magnetschwebetechnik im Bereich des Personentransports meist auf den Ersatz des Rad-Schiene-Kontaktes bei hohen Geschwindigkeiten abzielt, ist im Bereich der Fördertechnik der fehlende Antrieb, die geringe Geräuschentwicklung und der reduzierte Verschleiß von besonderer Bedeutung. Damit eignet sich ein solches Fördersystem für den Einsatz in der Umgebung von Personen, bei Anwendungen mit hohen hygienischen Anforderungen, z. B. in der Nahrungsmittel-, Pharma- und Medizinindustrie, und für den Einsatz in hochreinen oder explosionsgefährdeten Räumen. Auch die Relation von transportierter Last zum Leergewicht des Fahrzeugs hat in der Fördertechnik einen höheren Stellenwert als beim Personentransport.

Ein wichtiger Gesichtspunkt ist die zum Schweben eines Fahrzeugs benötigte Energie. Bei der Personenbeförderung kann diese aufgrund der hohen Geschwindigkeiten über die Antriebsleistung aufgebracht werden. Die Geschwindigkeiten in der Fördertechnik sind dazu mit wenigen Metern pro Sekunde jedoch zu gering. Daher muß die zum Schweben benötigte Energie auf dem Fahrzeug selbst bereitgestellt werden.

Aus der EP-A1 0 580 107 ist ein Magnetschwebetransportsystem bekannt, bei dem ein Schwebefahrzeug mittels einem Linearmotor auf einer Fahrspur vorangetrieben wird. Das System weist den Nachteil auf, daß die Anordnung voluminös und mechanisch aufwendig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit einem magnetischen Schwebefahrzeug anzugeben, welches einen kompakten, platzsparenden und damit preisgünstigen Aufbau erlaubt.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weiterführende und vorteilhafte Ausgestaltungen sind den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung zu entnehmen.

Die Erfindung ermöglicht das Ersetzen von aufwendigen mechanischen Systemen durch berührungslose Systeme zur Energieübertragung und/oder zur Übertragung von Antriebskräften sowie Trag- und Seitenführungskräften insbesondere für ein Magnetschwebefahrzeug. Sie ermöglicht die Integration für ein berührungslos betriebenes mobiles System.

Die erfindungsgemäße Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit magnetischem Schwebefahrzeug weist ein integriertes Übertragungssystem mit Energieübertragungssystem zur induktiven Übertragung elektrischer Leistung, Linearmotor zur Übertragung einer Antriebsleistung und magnetischem Schwebesystem zur Übertragung von Trag- und/oder Seitenführungskräften auf. Die Anordnung weist den Vorteil auf, daß für einzelne Bestandteile im integrierten Übertragungssystem ähnliche Bedingungen für ein dynamisches Verhalten im Fahrbetrieb und ähnliche Bedingungen hinsichtlich mechanischer Luftspalte bei Magneten bzw. mechanischer Toleranzen gelten. Die konstruktive Gestaltung ist vorteilhaft einfach, insbesondere ist ein modularer Aufbau eines integrierten Übertragungssystems gemäß der Erfindung möglich. Weiterhin vorteilhaft ist die einfache Montage der Teilsysteme, die Vereinfachung etwaiger elektrischer Anschlüsse und Anschlußtechniken, der

vereinfachte Wartungsaufwand bei etwaigem Komponententausch.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das Übertragungssystem an äußeren Ecken des mobilen Systems, insbesondere des Schwebefahrzeugs, angeordnet. Der Vorteil liegt in einer symmetrischen Anordnung des Übertragungssystems, so daß ein mobiles System flexibel einsetzbar ist, insbesondere gelten vergleichbare Bedingungen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Dies vereinfacht eine Umkehr der Fahrtrichtung des Schwebefahrzeugs.

Besonders günstig ist, ein Drehgestell zur Aufnahme des Übertragungssystems vorzusehen. Bevorzugt ist dabei die Anordnung des integrierten Übertragungssystems jeweils an zwei außenliegenden Seiten von mit einem Fahrzeugkasten verbundenen Drehgestellen, wobei die Drehgestelle bevorzugt über ein Gelenk mit dem Fahrzeugkasten verbunden sind und das Gelenk jeweils um eine bezüglich der Fahrtrichtung vertikale Achse drehbar ist. Besonders zweckmäßig ist eine Anordnung von je einem Drehgestell vor und hinter dem Fahrzeugkasten in Fahrtrichtung. Günstig ist, das Übertragungssystem an zwei Stirnseiten des mit einem Fahrzeugkasten des Schwebefahrzeugs verbundenen Drehgestells anzuordnen. Eine günstige Anordnung besteht darin, daß ein Kugelgelenk zwischen Drehgestell und Fahrzeugkasten vorgesehen ist. Damit gelingt es, besonders geringe Kurvenradien in vertikaler Ebene zu verwirklichen. Vorteilhaft ist dies für die Verwendung des erfindungsgemäßen Transportsystems für den Betrieb in Steigungs- und Gefällstrecken.

Eine günstige Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung sieht vor, daß das bewegbare Teilsystem des magnetischen Schwebesystems, insbesondere das Schwebefahrzeug, in Verbindung mit dem Drehgestell mit Kugelgelenk zwei unabhängige, regelbare Einzelmagnete aufweist. Damit ist ein günstiges dynamisches Fahrverhalten insbesondere im Kurvenbereich möglich.

In einer weiteren günstigen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung weist das Übertragungssystem mit dem Schwebefahrzeug fest verbundene Übertragerköpfe auf, die zu Außenseiten des Schwebefahrzeugs hin U-förmig ausgebildet sind, so daß die Schenkel der U-Form vertikal übereinander liegen und nach außen weisen. Besonders vorteilhaft ist, wenn die U-Form-Profile in Profile von stationär angeordneten Teilen des Übertragungssystems hineinragen. Dies ermöglicht besonders vorteilhaft den Einsatz von passiven Weichen im Fahrbetrieb des Transportsystems.

Eine weitere günstige Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß aktive, geregelte Teilsysteme des magnetischen Schwebesystems und des Linearmotors auf oder an dem mobilen Schwebefahrzeug angeordnet sind, wobei vorzugsweise mittels Energieübertrager übertragene elektrische Leistung und etwaige Informationsverarbeitung mittels einer Steuereinheit genutzt wird. Der Vorteil besteht darin, daß ein individueller Fahrbetrieb eines jeden mobilen Systems an jedem Ort der Fahrstrecke zu jedem Zeitpunkt ermöglicht ist. Besonders vorteilhaft ist, daß ein unabhängiger Betrieb mehrerer mobiler Systeme über denselben Fahrstrecke und/oder demselben Fahrstreckenabschnitt möglich ist.

Eine weitere günstige Ausführung gemäß der Erfindung sieht vor, daß das magnetische Schwebesystem einen regelbaren mechanischen Luftspalt aufweist. Bevorzugt ist eine Regelung in Richtung der wirkenden Normalkraft, insbesondere in der y-Koordinate, vorgesehen. Der Vorteil der Maßnahme liegt in einem erheblich verringerten Verschleiß sowie der Möglichkeit, mechanische Tragelemente lediglich als Fang- und/oder Hilfseinrichtung für das mobile Schwebefahrzeug auszugestalten.

Besonders günstig ist, daß Mittel, welche zum Regeln eines mechanischen Luftspalts des magnetischen Schwebesystems vorgesehen sind, gleichzeitig zum Regeln eines mechanischen Luftspalts von Linearmotor und/oder Energieübertragungssystem vorgesehen sind. Die vorteilhafte Kombination ermöglicht berührungslose Übertragungssysteme mit minimierten Luftspalt. Dies hat zur Folge, daß Gewicht und Abmessungen der einzelnen Übertragungssysteme des integrierten Übertragungssystems bei im wesentlichen vergleichbaren Leistungsdaten gemäß bekannten Lösungen. Bei gleichen Abmessungen und Massen können dementsprechend übertragbare Leistung und/oder Antriebskraft vorteilhaft erhöht werden.

In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anordnung ist der Linearmotor so am Schwebefahrzeug angeordnet, daß der Schwerpunkt des Linearmotors und der Schwerpunkt des gesamten Übertragungssystems, insbesondere unter Berücksichtigung einer Lastmasse etwa in einer Ebene (x-z-Ebene) parallel der Bewegungsrichtung des Schwebefahrzeugs liegen. Damit ist vorteilhaft der Einfluß von Störmomenten beim Beschleunigen und Verzögern des Schwebefahrzeugs durch einen minimierten Hebelarm in Verbindung mit der Wirkung der Antriebskraft erzielt.

Günstig ist eine Anordnung des magnetischen Schwebesystems am mobilen System und im integrierten Übertragungssystem derart, daß die Luftspaltebene (y-Koordinate) des magnetischen Schwebesystems oberhalb des Schwerpunktes des vollständigen mobilen Systems des Übertragungssystems unter Berücksichtigung einer typischen Lastmasse liegt. Damit wird vorteilhaft das Verhalten eines aufrechtstehenden Pendels mit labilem Gleichgewicht für das Transportsystem vermieden.

Vorteilhaft ist es, das magnetische Schwebesystem, Linearmotor und Energieübertrager jeweils vertikal übereinander anzuordnen. Damit ist im wesentlichen eine optimale Anordnung mit minimierten Störmomenten durch die Antriebskraft unter Vermeidung eines unerwünschten Pendelverhaltens mit labilem Gleichgewicht und/oder die Erzielung einer minimalen Bauhöhe der Anordnung erreicht. Besonders vorteilhaft ist, wenn zusätzlich die Übertragerköpfe kompakt ohne mechanischen Abstand angeordnet sind. Dadurch kann eine sonst notwendige konstruktionsbedingte große Bauhöhe der Anordnung vermieden werden.

Eine weitere günstige Weiterbildung gemäß der Erfindung sieht vor, Energieübertrager, magnetisches Schwebesystem und Linearmotor jeweils vertikal übereinander und stationäre Teile von Energieübertrager und magnetischem Schwebesystem einerseits und Übertragerköpfe von Schwebesystem und Linearmotor andererseits unmittelbar benachbart anzuordnen. Der Vorteil ist darin zu sehen, daß wiederum eine günstige geringe Bauhöhe erzielbar ist.

daß das magnetische Schwebesystem () einen Magneten () mit einem Rückschlußjoch () aufweist, wobei sowohl Magnet als auch das Rückschlußjoch einen U-förmigen Querschnitt aufweisen, wobei die Schenkel der U-förmigen Profile einander zugewandt sind. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in einer wirksamen Seitenführungskraft, welche durch die Profilgebung erzielt wird. Das mobile System wird dadurch stabilisiert.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß das integrierte Übertragungssystem ein mechanisches Führungssystem aufweist, welches zur Richtungssteuerung in einer passiven Weiche in der Fahrspur des Transportsystems vorgesehen ist. Vorzugsweise ist eine seitliche Spurführung durch ein Rollenpaar des mechanischen Führungssystems vorgesehen, wobei das Rollenpaar in die Nut eingreift, welche von dem U-förmigen Rückschlußjoch des magnetischen

Schwebesystems gebildet wird. Das Rollenpaar befindet sich bevorzugt an dem Drehgestell des mobilen Schwebefahrzeugs und kann entweder paarweise vor oder hinter der Montageposition der Übertragerköpfe (z-Koordinate) angeordnet sein oder aber je eine Rolle eines Paares vor und hinter der Montageposition der Übertragerköpfe.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung sind Magnete des Schwebesystems paarweise und gegenüberliegend angeordnet, wobei bevorzugt ein bewegbares, am Schwebefahrzeug befestigtes Teil eines Übertragerkopfes ein stationär angeordnetes Teil Energieübertragers übergreift.

Vorteilhaft ist, Mittel vorzusehen, die eine Regelung des Luftspaltes des magnetischen Schwebesystems auf einen veränderlichen Wert für den Luftspalt ermöglichen, so daß Normalkräfte des Linearmotors als Unterstützung für das Schweben mit in die Regelung einbezogen sind. Dies wird vorteilhaft durch die doppelseitige Ausführung des magnetischen Schwebesystems ermöglicht, da das Einstellen von Kräften in positiver und negativer Richtung (y-Koordinate) möglich ist. Damit ist besonders die Minimierung von Verlusten und eine Minimierung des Energiebedarfs des Systems möglich.

Günstig ist die Ausführung des magnetischen Schwebesystems dergestalt, daß Mittel vorgesehen sind, die eine senkrecht zur Fahrtrichtung des Schwebefahrzeugs verlaufende Flußführung des Magnetflusses ermöglichen. Dies ermöglicht vorteilhaft eine Verringerung von Wirbelstromverlusten und eine Steigerung von günstigen Seitenführungskräften.

Die Erfindung ist im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen in Figuren näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 eine Anordnung gemäß der Erfindung in Draufsicht und eine Detailansicht,

Fig. 2 eine Detailansicht von zwei Gelenkanordnungen,

Fig. 3 zwei Anordnungen für Magnete,

Fig. 4 verschiedene Ausführungen von Tragmagneten,

Fig. 5 eine günstige Anordnung von Schwerpunkten,

Fig. 6 eine Detailansicht einer Ausführungsform des integrierten Übertragungssystems,

Fig. 7 ein Schwebefahrzeug mit Führungseinrichtung.

In Fig. 1 ist die Anordnung eines erfindungsgemäßen Transportsystems mit integrierten Übertragungssystemen dargestellt. Ein Schwebefahrzeug wird dabei mittels berührungslos arbeitenden Linearmotoren angetrieben und über ein induktives Übertragungssystem berührungslos mit elektrischer Energie versorgt. Ein bevorzugtes integriertes Übertragungssystem besteht aus einem berührungslos arbeitenden Energieübertragungssystem zur induktiven Übertragung elektrischer Leistung, einem Linearmotor zur Übertragung der Antriebskraft und einem magnetischen Schwebesystem, dessen mobiles Teilsystem das Schwebefahrzeug ist und welches stationäre Teile in der Fahrspur aufweist.

In der linken Bildhälfte ist in der Draufsicht auf ein Transportsystem 1 mit vier integrierten Übertragungssystemen 2 ein Fahrzeugkasten 3 mit einem vorderen Drehgestell 4.1 und hinteren Drehgestell 4.2 zu sehen, welche an einem Schwebefahrzeug angeordnet sind, das sich entlang einer Schiene 5 bewegt. Details des Schwebefahrzeugs sind nicht dargestellt. Das Drehgestell 4.1, 4.2 ist jeweils über ein Gelenk 6 mit dem Fahrzeugkasten 3 verbunden. Symmetrisch an allen vier Ecken des Fahrzeugs ist jeweils ein integriertes Übertragungssystem 2 an den seitlichen Enden der Drehgestelle 4.1, 4.2 angeordnet. Das Fahrzeug kann sich entlang der z-Koordinate bewegen. Das Gelenk 6 kann im einfachsten Fall ein Bolzen sein, der eine vorzugsweise durch Anschlagsstücke begrenzte Verdrehung in horizontaler Richtung, d. h. eine Drehung um die y-Achse, zuläßt. Eine Ver-

drehung in vertikaler Richtung wird unterbunden, und es wird gewährleistet, daß die Drehgestelle 4.1, 4.2 und der Fahrzeugkasten 3 im wesentlichen in einer Ebene liegen. Eine weitere günstige Ausbildung eines Gelenks 6 ist ein Kugelgelenk, welches Verdrehungen in horizontaler, vertikaler und azimuthaler Richtung zuläßt. Diese Verdrehungen lassen sich durch Anschlagsstücke unabhängig voneinander begrenzen. Günstig für eine Kurventauglichkeit in vertikaler Richtung sind sowohl der Luftspalt zwischen Drehgestell und Fahrzeugkasten als auch die sogen. steife Länge des Gelenks.

Die Detailansicht auf der rechten Seite der Fig. 1 zeigt die Einzelheiten eines integrierten Übertragungssystems 2 im Querschnitt. Links ist ein Teil der Schiene 5 zu sehen, rechts ein Drehgestell 4.1, 4.2. Das untere Element stellt einen Linearmotor 7 dar, über dem ein Tragsystem 8 angeordnet, über diesem ist ein Energieübertragerkopf 9 angeordnet. Linearmotor 7, Tragsystem 8 und Übertragerkopf 9 weisen dabei jeweils eine an der Schiene 5 angeordnete stationäre Komponente und eine am mobilen System über die Drehgestelle 4.1, 4.2 verbundene mobile Komponente auf. Dabei weisen die mobilen Komponenten der Übertragerköpfe 9 ein U-förmiges Profil auf, welche in das E-förmige Profil des stationären Gegenstücks hineinragen. Das Tragsystem 8 weist ein Unterteil 8.1 und ein Rückschlußjoch 8.2 auf, welche beide jeweils U-förmig ausgebildet sind und deren Profilschenkel zueinander gerichtet sind. Der Linearmotor 7 weist am mobilen Teil ein U-förmiges Profil auf, das das Profil auf der stationären Seite übergreift. Der Aufbau des integrierten Übertragungssystems 2 ist sehr kompakt und erlaubt vorteilhaft eine Verwendung von passiven Weichen im System.

In Fig. 2 sind zwei Ausführungen eines Gelenks 6 skizziert. Im oberen Teil der Abbildung ist je ein Bolzgelenk zwischen dem Drehgestell 4.1, 4.2 zu beiden Seiten des Fahrzeugkastens 3 dargestellt, im unteren Teil ist ein Kugelgelenk zwischen einem Drehgestell 4.1 oder 4.2 und dem Fahrzeugkasten 3 dargestellt. Aus Stabilitätsgründen und wegen der größeren Zahl an Freiheitsgraden bedingt das Kugelgelenk eine 2-Magnetanordnung des Tragsystemen 8, da ein Verkippen des Drehgestells 4.1, 4.2 in vertikaler Richtung, beispielsweise beim Beschleunigen des Fahrzeugs, durch eine 1-Magnetanordnung nicht zu verhindern ist. Die Anordnung mit einem Bolzgelenk dagegen kann aus Kostengründen nur mit einer 1-Magnetanordnung ausgeführt werden. Die Steifigkeit des Fahrzeugs ist zur Stabilisierung dabei ausreichend. Es ist jedoch auch eine Anordnung mit 2-Magnetanordnung möglich.

In Fig. 3 ist die 1-Magnet- und die 2-Magnetanordnung des Tragsystemen in Draufsicht näher erläutert. In der linken Bildhälfte ist eine 1-Magnetanordnung abgebildet, wie sie in Verbindung mit einem Bolzgelenk 6 zwischen einem Drehgestell 4.1, 4.2 und einem Fahrzeugkasten 3 günstig ist. Das Schwebefahrzeug 10 weist dabei vier Trageinheiten mit Tragsystemen 8 auf, die aus jeweils einem Tragsystem mit Unterteil 8.1 und Rückschlußjoch 8.2 aufgebaut sind. Sie sind an den seitlichen Enden der Drehgestelle 4.1, 4.2 angeordnet. In der rechten Bildhälfte ist eine 2-Magnetanordnung abgebildet. Die Magnete sind dabei jeweils Bestandteil des integrierten Übertragungssystems 2. Vorzugsweise weist jeder Magnet 8 einen eigenen Luftspaltsensor zur Bestimmung der Luftspaltgröße und einen eigenen Stromsteller auf.

In Fig. 4 sind vorteilhafte Ausgestaltungen des Tragsystemen 8 dargestellt. Ein günstiger Tragsystem 8 ist ein Elektromagnet, wie er in Fig. 4a abgebildet ist. Bei diesem Schwebeprinzip wird die Anziehung eines Elektromagneten an einen ferromagnetischen Rückschluß, der in der Figur

durch die Schiene 5 gebildet ist, ausgenutzt. Die Erregung des Elektromagneten erfolgt durch stromdurchflossene Spulen. Da diese Anordnung instabil ist, muß der Luftspalt mit Luftspaltsensoren gemessen werden und durch geeignete Spulenströme stabilisiert werden. Ein weiterer günstiger Tragsystem 8 wird durch einen Hybridmagneten gebildet. In dieser Anordnung wird die Grunderregung von Dauermagneten übernommen, die mit einem Elektromagneten verbunden sind. Dies erlaubt ein energiesparendes magnetisches Schweben eines Fahrzeugs.

Grundsätzlich kann ein Fahrzeug über mechanische Kräfte bzw. über entsprechende Konstruktionselemente wie Rollen, Kufen oder über Magnetkräfte in einer Spur geführt werden. Dabei ist sowohl aktive als auch passive Führung möglich.

Bei einer aktiven elektromagnetischen Führung werden neben den Tragsystemen 8 noch weitere Elektromagnete eingesetzt, die das Fahrzeug in der Spur an oder zwischen Führungsschienen halten. Dazu werden bevorzugt die seitlichen Abstände zu den Führungsschienen gemessen und die Führungsmagnete entsprechend geregelt.

Eine gewichtsparende und kostengünstige Alternative ist die passive Führung. Wird ein Elektromagnet, welcher unter einer Schiene schwebt, seitlich ausgelenkt, so entsteht eine Kraft, die ihn in die Mittellage zurückzieht. Dieses Prinzip ist als Reluktanz bekannt, es entstehen dabei schwach gedämpfte Schwingungen. Ein Schwebefahrzeug kann vorteilhaft durch Reluktanzkräfte geführt werden, wobei seitliche Bewegungen möglich sind. Um einen stabilen Betrieb zu ermöglichen, werden seitliche Bewegungsmöglichkeiten begrenzt, vorzugsweise durch Anschlagrollen. Da diese Anschlagrollen im Gegensatz zu mechanischen Führungsrollen nicht ständig benutzt werden, können diese leichter ausgelegt werden. Besonders günstig ist es, zur Erhöhung der Reluktanzkräfte die Tragschiene mit einer Nut in Fahrtrichtung zu versehen, womit sich die seitlichen Rückstellkräfte erhöhen, insbesondere in etwa verdoppeln.

In Fig. 4b ist ein Elektromagnet als Unterteil 8.1 des Tragsystemen 8 dargestellt. Er weist U-förmiges Joch 8.3 auf, um beide Schenkel des Jochs werden Erregerspulen 11 gewickelt. Die Erregerspulen sind nicht dargestellt. Da die Kraft nur vom Betrag des Spulenstroms abhängt, ist zum Betrieb ein 2-Quadrantensteller ausreichend.

In Fig. 4c ist ein Hybridmagnet abgebildet. Bei dieser Ausführung wird auf die Polflächen des Jochs 8.3 des Elektromagneten ein Permanentmagnet-Material 12 aufgebracht, wobei die Schenkel des Jochs 8.3 wiederum die Erregerspulen 11, die nicht dargestellt sind, tragen. Die Dicke der Permanentmagnete wird vorzugsweise so ausgelegt, daß der Hybridmagnet für einen vorgegebenen Luftspalt zwischen Polfläche und Rückschluß eine vorgegebene Kraft aufbringt, ohne daß ein Strom durch die Erregerwicklung 11 fließt. Zur Veränderung der resultierenden Kraft wird der Hybridmagnet entweder durch Stromfluß durch die Erregerspulen 11 zusätzlich erregt oder entregt. Hierzu ist ein Vierquadrantensteller vorteilhaft.

In Fig. 4d ist eine weitere günstige Ausgestaltung eines Tragsystemen 8 dargestellt. Der Vorteil eines Elektromagneten in Form eines geringen magnetisch wirksamen Luftspalts und eines Hybridmagneten in Form einer Kraft ohne Stromfluß läßt sich mit einem sogen. Kombi-hybridmagneten nutzen. Die Polflächen eines Jochs 8.3 eines Elektromagneten werden nur teilweise mit Permanentmagnet-Material 12 belegt. In der Figur ist das Permanentmagnet-Material 12 an den Außenbereichen der Polflächen parallel zur Nut des Jochs 8.3 aufgetragen. Da das Permanentmagnet-Material 12 an zwei Seiten das elektrisch leitfähige Joch 8.3 berührt, kommt es dort zu magnetischen Kurzschlüssen. Zur Redu-

zierung dieser Kurzschlüsse ist es zweckmäßig, eine zusätzliche Nut in die Polfläche parallel zum Permanentmagnet-Material 12 anzubringen. Je nach Auslegung der Permanentmagnete 12 kann ein 2-Quadrantensteller zum Speisen des Elektromagneten ausreichend sein.

Eine weitere günstige Ausgestaltung eines Tragsystemen 8 ist in Fig. 4e in Form einer Zwei-Kreis-Anordnung dargestellt. Das Tragsystem 8 wird jeweils aus einem Elektromagneten und einem Permanentmagneten zusammengesetzt, die mechanisch hintereinander oder nebeneinander angeordnet sind.

Bei allen Anordnungen wird vorteilhafterweise ein Rückschlußjoch 8.2 eingesetzt, welches U-förmig ausgebildet ist. Zweckmäßigerweise wird das zugehörige Streckenelement der Fahrspur 5 mit einer Nut ausgeführt, die gleichzeitig die Seitenführungskräfte vorteilhaft erhöht. Das Streckenelement muß dabei denselben Fluß tragen wie ein Unterteil 8.1 des Tragsystems 8. Vorteilhaft ist, das Rückschlußjoch 8.2 aus geblechtem Eisen zu bilden, da so die Wirbelstromverluste verringert werden.

Um die Anordnung des Gesamtsystems möglichst stabil zu gestalten, ist es vorteilhaft, die Auslegung des Systems so vorzusehen, daß die Luftspaltebene des magnetischen Schwebesystems oberhalb des Schwerpunkts des vollständigen mobilen Systems liegt. Dies ist in Fig. 5a dargestellt. Vorteilhaft ist, die Wirkung einer typischen Lastmasse im Schwebefahrzeug mit einzubeziehen. In Fig. 5b ist eine günstige Anordnung des Schwerpunkts des Linearmotors 7 dargestellt. Es ist vorteilhaft, wenn der Schwerpunkt des Linearmotors 7 in etwa in derselben Ebene wie der Schwerpunkt des integrierten Übertragungssystems liegt. Das System ist dann besonders stabil.

In Fig. 6 ist eine besonders kompakte Anordnung des integrierten Übertragungssystems 2 dargestellt. Die Reihenfolge der einzelnen Übertragungssysteme sind hier gegenüber dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 geändert. Hier ist der Energieübertragerkopf 9 unten, der Linearmotor 7 in der Mitte und das magnetische Schwebesystem 8 oben im integrierten Übertragungssystem angeordnet.

Mit einer Ausführung des integrierten Übertragungssystems 2 gemäß Fig. 6 läßt sich eine günstige stabile Anordnung mit einer mechanischen Führung darstellen. Dies ist in Fig. 7 abgebildet. Trotz des Einsatzes eines magnetischen Tragsystems sind aus Sicherheitsgründen für das Drehgestell 4.1, 4.2 zusätzliche Rollen 13 vorteilhaft. Zum einen sind Rollen 13 an der Unterseite des Drehgestells 4.1, 4.2 vorgesehen, um passive Weichen durchfahren zu können. Diese Rollen 13 können gleichzeitig zum Auffangen des Fahrzeugs bei Stromausfall oder sonstigen Systemfehlern verwendet werden. Weiterhin können Rollen 13 an der Oberseite des Drehgestells 4.1, 4.2 vorgesehen sein, da wegen des Linearmotors 7 und bei Verwendung eines Hybridmagneten im Tragsystem 8 ein Absinken des Fahrzeugs bei Stromausfall nicht in jedem Lastfall möglich ist. Zum anderen sind Rollen 13 zum Durchfahren von Weichen günstig, da die Reibungskräfte der Rollen 13 größer sein können als die verbleibende Reluktanzkraft eines ausgeleakten Tragsystemen. Die Rollen können dann auch bei Kurvenfahrten zum Einsatz kommen, um mögliche Kurvengeschwindigkeiten zu erhöhen. An den Drehgestellen sind im Bereich der Übertragungssysteme 2 jeweils Rollen 13 seitlich an den Drehgestellen 4.1, 4.2 angebracht. Diese Ausführung ist besonders zur mechanischen Richtungssteuerung in einer passiven Weiche geeignet. Ein Rollenpaar 13 greift dabei in die Nut ein, die das U-förmige Rückschlußjoch 8.2 des magnetischen Schwebesystems darstellt. Die Anordnung der Rollen 13 kann dabei entweder paarweise vor oder hinter dem Fahrzeugkasten 3 oder je eine

Rolle 13 vor und hinter dem Fahrzeugkasten 3 angeordnet sein.

Eine besonders günstige Flußführung des magnetischen Schwebesystems ist eine senkrechte Flußführung relativ zur Fahrtrichtung (z-Richtung). Die Art der Flußführung hat einen Einfluß auf die bei Bewegung in Fahrtrichtung entstehenden Wirbelstromverluste und auf die Trag- und Seitenführungskräfte des Systems. Da die Funktion des Tragens von Tragsystemen 8 vorrangig zu erfüllen ist und die Normalkraft größer als eine Reluktanzkraft ist, wird der Tragsystem 8 vorzugsweise so ausgelegt, daß die Normalkraft des Magneten 8 trägt und die Reluktanzkraft zum Führen vorgesehen ist. Wird der magnetische Fluß senkrecht zur Bewegungsrichtung geführt (senkrechte Flußführung), so ergeben sich im Gegensatz zu einer Flußführung in Bewegungsrichtung (parallele Flußführung) Vorteile. Zum einen sind die Wirbelstromverluste im Rückschlußjoch 8.3 geringer als bei paralleler Flußführung, da bei vergleichbarer Verschiebung des Magneten 8 in Bewegungsrichtung die Flußänderung geringer ist. Zum anderen ist bei senkrechter Flußführung die aus der Schiene 5 herausragende Jochoberfläche durch seitliche Verschiebung des Jochs 8.2 größer als bei paralleler Flußführung. Diese größere Oberfläche ist mit der Änderung der magnetischen Feldenergie verknüpft, welche proportional zur Rückstellkraft bei seitlicher Verschiebung ist. Durch eine Nutung der Schiene 5 ist es zusätzlich möglich, die Seitenführungskräfte zu vergrößern.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Betreiben eines Transportsystems mit einem schienengeführten magnetischem Schwebefahrzeug, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung ein integriertes Übertragungssystem (2) mit Energieübertragungssystem (9) zur induktiven Übertragung elektrischer Leistung, Linearmotor (7) zur Übertragung einer Antriebsleistung und magnetischem Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3) zur Übertragung von Trag- und/oder Seitenführungskräften aufweist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungssystem (2) an äußeren Ecken des Schwebefahrzeugs (10) angeordnet ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehgestell (4.1, 4.2) zur Aufnahme des Übertragungssystems (2) vorgesehen ist.
4. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gelenk (6) zwischen Drehgestell (4.1, 4.2) und einem Fahrzeugkasten (3) vorgesehen ist.
5. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungssystem (2) an außenliegenden Seiten eines mit einem Fahrzeugkasten (3) des Schwebefahrzeugs (10) verbundenen Drehgestells (4.1, 4.2) angeordnet ist.
6. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungssystem (2) an zwei seitlichen Stirnseiten eines mit einem Fahrzeugkasten (3) des Schwebefahrzeugs (10) verbundenen Drehgestells (4.1, 4.2) angeordnet ist.
7. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Drehgestelle (4.1, 4.2) in Fahrtrichtung des Schwebefahrzeugs (10) vor und hinter einem Fahrzeugkasten (3) des Schwebefahrzeugs (10) angeordnet sind.
8. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein bewegbares Teilsystem (8.1, 8.2) des Schwebesystems (8, 8.1, 8.2,

- 8.3) zwei unabhängige, regelbare Einzelmagnete (8.1, 11) zum Aufbringen der Tragkraft aufweist.
9. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungssystem (2) mit dem Schwebefahrzeug (10) fest verbundene Übertragerköpfe (9) aufweist, die an Außenseiten des Schwebefahrzeugs (10) U-förmig ausgebildet sind, so daß die Schenkel der U-Form vertikal übereinander liegen und nach außen weisen.
10. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Profile von Übertragerköpfen (9) von mit dem Schwebefahrzeug (10) fest verbundenen Teilen des Übertragungssystems (2) in Profile von stationär angeordneten Teilen des Übertragungssystems (2) hineinragen.
11. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß aktive, geregelte Teilsysteme des magnetischen Schwebesystems (8, 8.1, 8.2, 8.3) und des Linearmotors (7) auf oder an dem Schwebefahrzeug (10) angeordnet sind.
12. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Schwebesystem (2) einen regelbaren mechanischen Luftspalt aufweist.
13. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel, welche zum Regeln eines mechanischen Luftspalts des magnetischen Schwebesystems vorgesehen sind, gleichzeitig zum Regeln eines mechanischen Luftspalts von Linearmotor (7) und/oder Energieübertragungssystem (9) vorgesehen sind.
14. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Linearmotor (7) so am Übertragungssystem (2) angeordnet ist, daß der Schwerpunkt des Linearmotors (7) und der Schwerpunkt des gesamten Übertragungssystems (2) etwa in einer Ebene parallel einer Bewegungsrichtung des Schwebefahrzeugs (10) liegen.
15. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Linearmotor (7) so am Schwebefahrzeug (10) angeordnet ist, daß der Schwerpunkt des Linearmotors (7) und der gemeinsame Schwerpunkt von Schwebefahrzeug (10), am Schwebefahrzeug (10) befestigten Teilen des Übertragungssystems (2) und einer Lastmasse etwa in einer Ebene parallel einer Bewegungsrichtung des Schwebefahrzeugs (10) liegen.
16. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Luftspalt-ebene des magnetischen Schwebesystems (8, 8.1, 8.2, 8.3) so in das Übertragungssystem (2) integriert ist, daß sie oberhalb des Schwerpunktes des Übertragungssystems (2) angeordnet ist.
17. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Luftspalt-ebene des magnetischen Schwebesystems (8, 8.1, 8.2, 8.3) so in das Übertragungssystem (2) integriert ist, daß sie oberhalb des gemeinsamen Schwerpunktes von Schwebefahrzeug (10) und am Schwebefahrzeug (10) befestigten Teilen von Übertragungssystem (2) und Linearmotor (7) angeordnet ist.
18. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3), Linearmotor (7) und Energieübertrager (9) jeweils vertikal übereinander angeordnet sind.
19. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische

- Schwebesystem (8; 8.1, 8.2, 8.3), Linearmotor (7) und Energieübertrager (9) jeweils vertikal übereinander angeordnet sind, wobei das Schwebesystem (8) über dem Linearmotor (7) angeordnet ist.
20. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die am Schwebefahrzeug (10) befestigten Teile von Schwebesystem (8) und Linearmotor (7) eng benachbart ohne mechanischen Abstand angeordnet sind.
21. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3), Linearmotor (7) und Energieübertrager (9) jeweils vertikal übereinander angeordnet sind, wobei das Schwebesystem (8) oben, der Linearmotor (7) in der Mitte und der Energieübertrager (9) unten angeordnet ist.
22. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß in einer vertikalen Anordnung Energieübertrager (9) oben, magnetisches Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3) in der Mitte und Linearmotor (7) unten angeordnet sind, so daß stationäre Teile von Energieübertrager (9) und magnetischem Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3) einerseits und am Schwebefahrzeug (10) befestigte Teile von Schwebesystem (8) und Linearmotor (7) andererseits eng benachbart ohne mechanischen Abstand angeordnet sind.
23. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Schwebesystem (8, 8.1, 8.2, 8.3) einen Magneten (8.1) mit einem Joch (8.3) mit einem Rückschlußjoch (8.2) aufweist, wobei das Rückschlußjoch (8.2) einen U-förmigen Querschnitt aufweist, dessen Schenkel dem Magneten (8.1) zugewandt sind.
24. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das integrierte Übertragungssystem (2) ein Führungssystem (13) aufweist, welches zur Richtungssteuerung in einer passiven Weiche und/oder Seitenführung vorgesehen ist.
25. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Führungssystem ein Rollenpaar (13) aufweist, wobei das Rollenpaar (13) in eine Nut eingreift, welche das U-förmige Rückschlußjoch (5, 8.2) darstellt.
26. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß Magnete (8.1, 8.3) des Schwebesystems (8) paarweise und gegenüberliegend angeordnet sind.
27. Anordnung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß ein am Schwebefahrzeug (10) befestigtes Teil des Schwebesystems (8) ein stationär an der Schiene (5) angeordnetes Teil des Schwebesystems (8) übergreift.
28. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß Normalkräfte des Linearmotors (7) als Unterstützung für das Schweben vorgesehen und bei der Luftspaltregelung berücksichtigt sind.
29. Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückschlußjoch (8.2) zum am Schwebefahrzeug (10) befestigten Teil des Schwebesystems (8.1, 8.3) so ausgerichtet ist, daß der magnetische Fluß senkrecht zur Fahrtrichtung des Schwebefahrzeugs (10) geführt ist.

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (user)

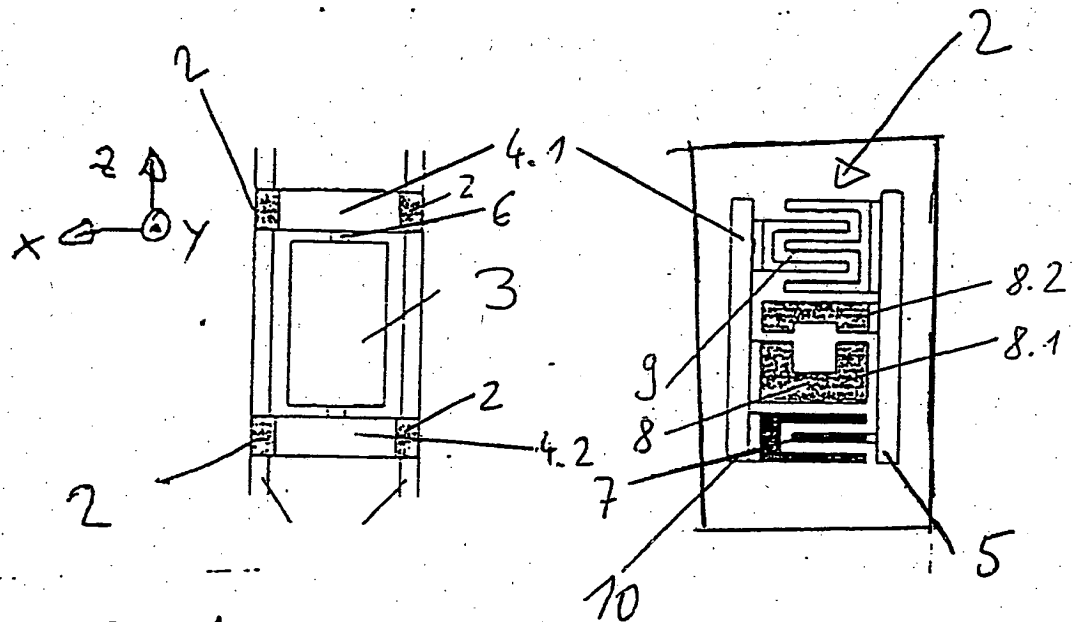


Fig. 1

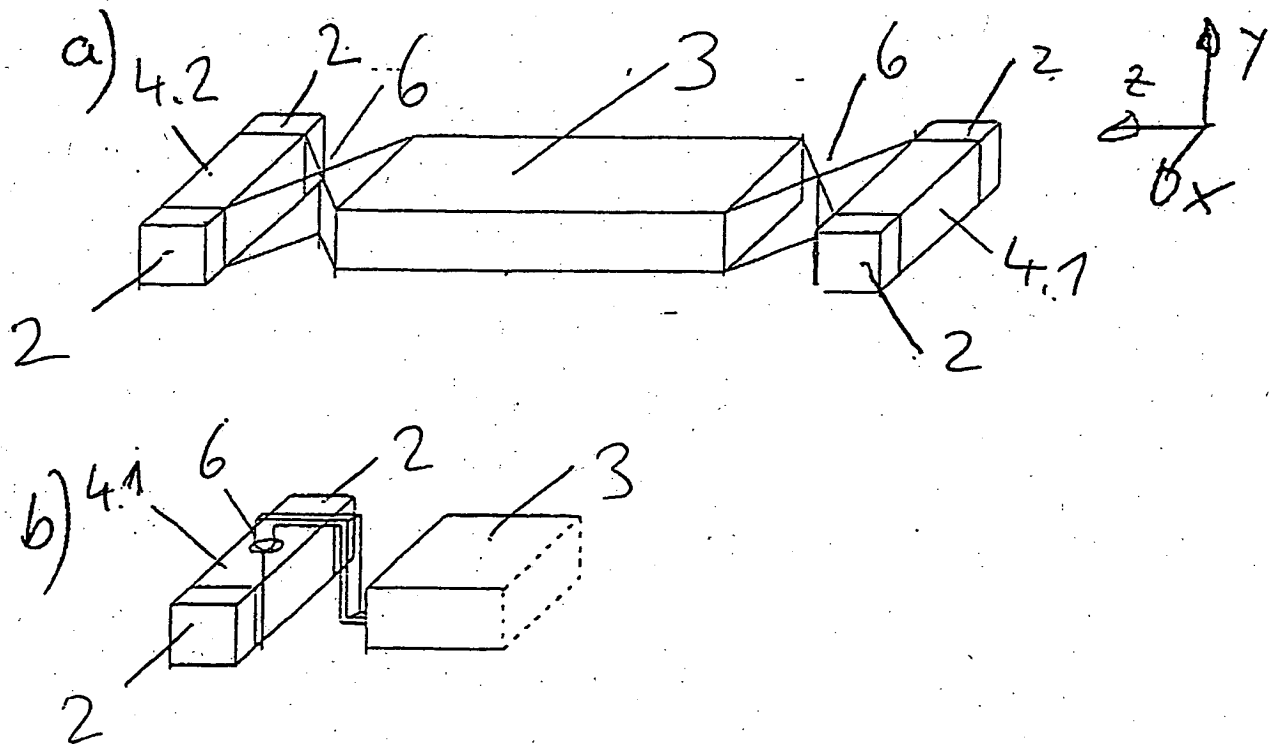


Fig. 2

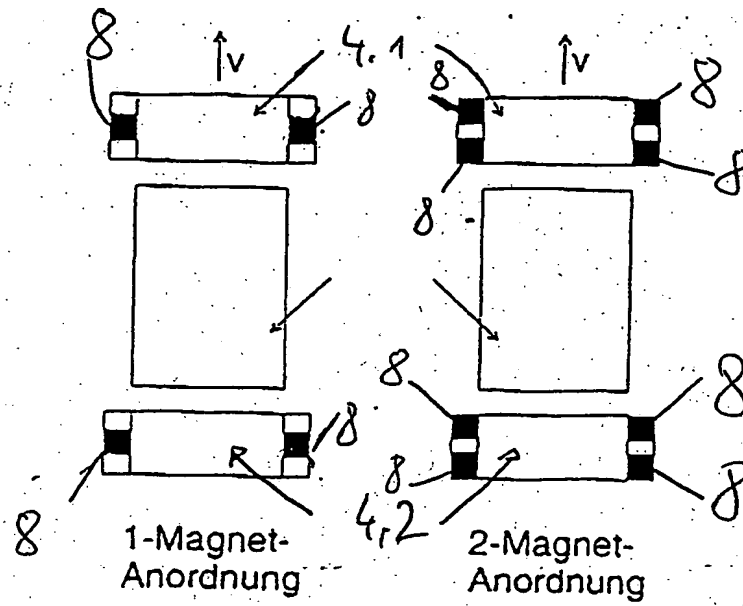


Fig 3

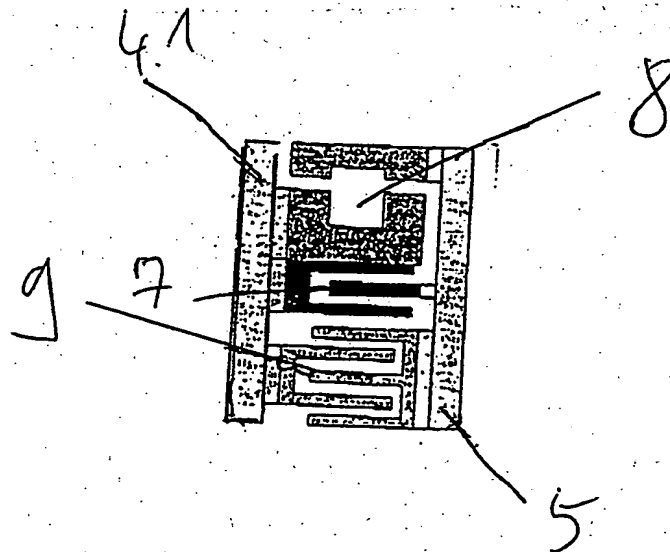
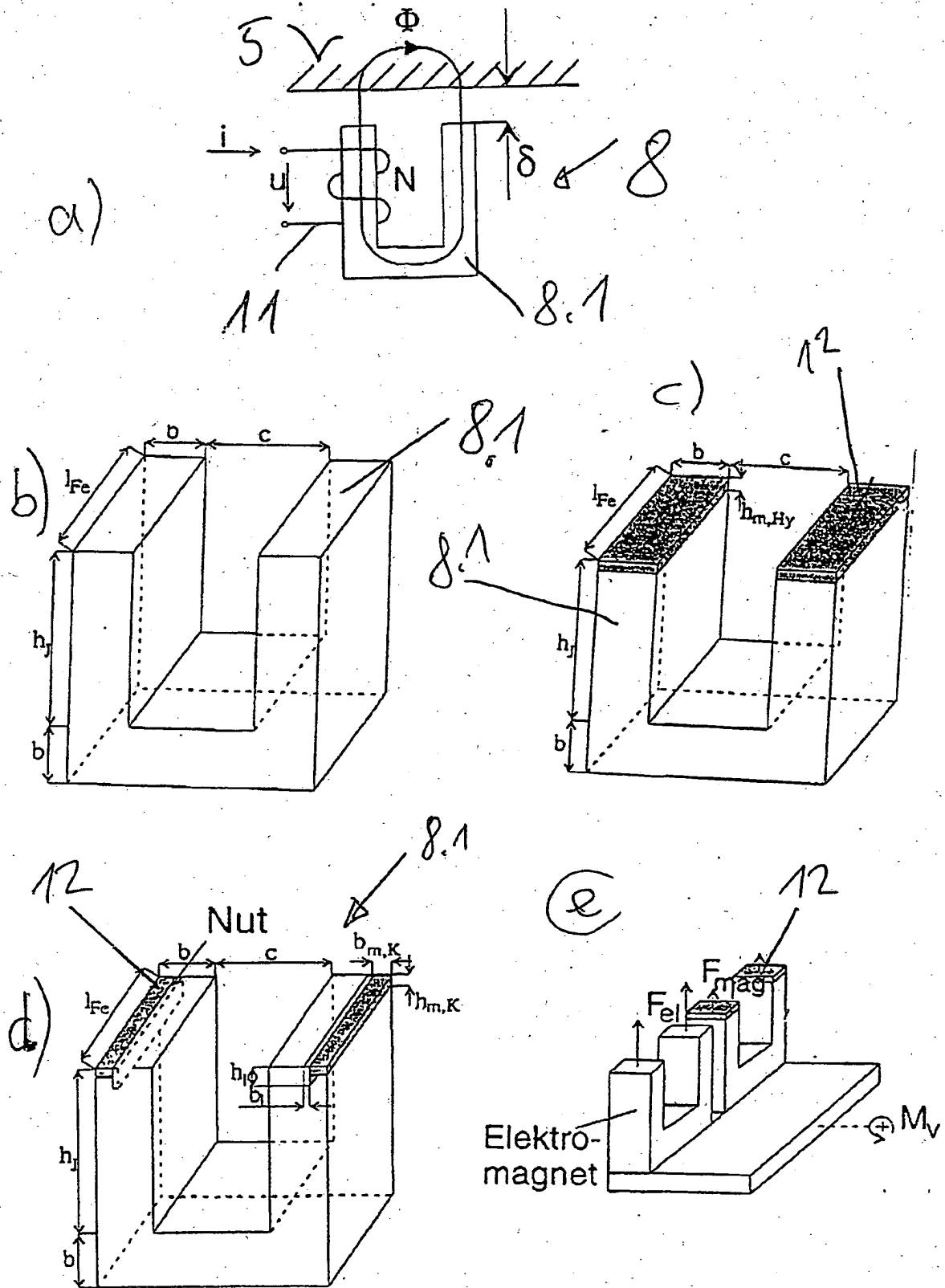
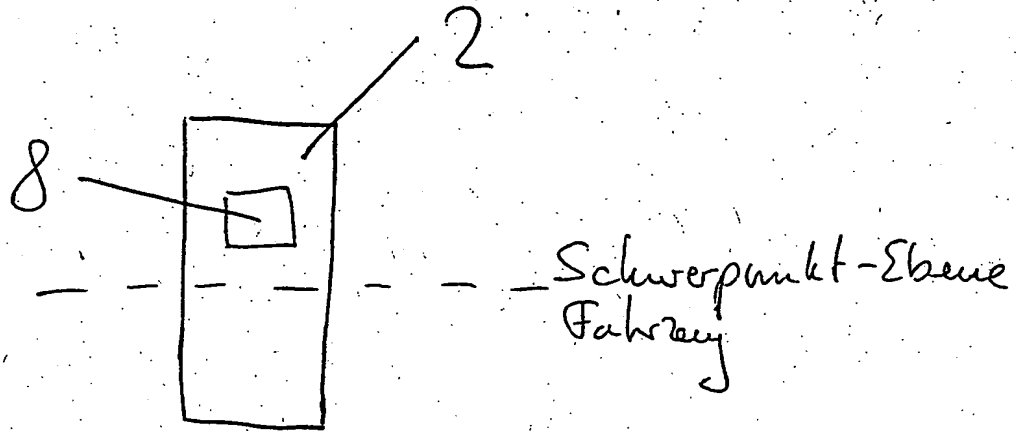
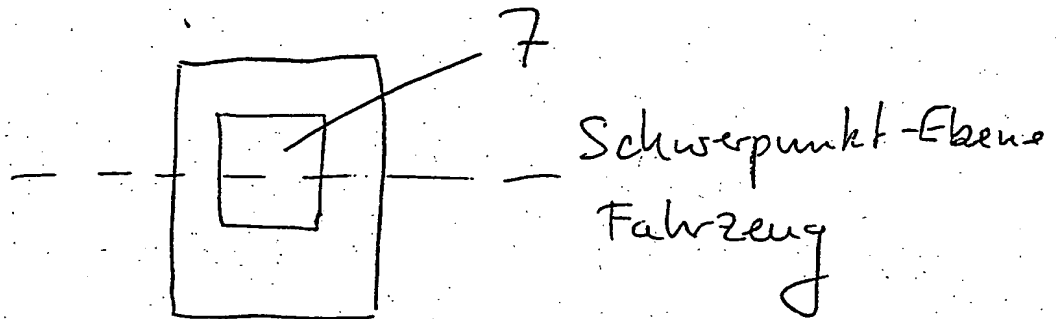


Fig 6

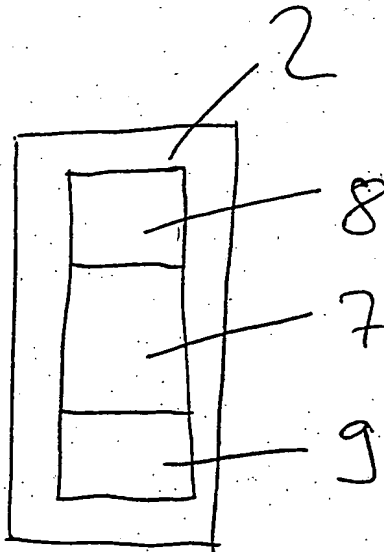




a)



b)



c)

Fig 5

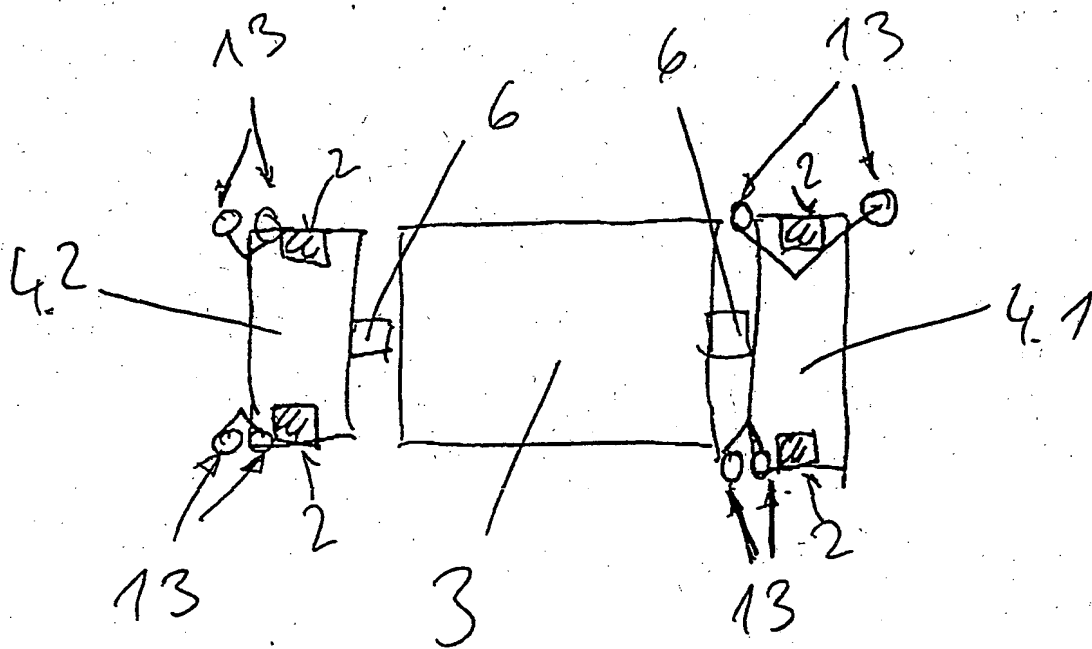


Fig. 7